

Kėdainių miesto oro taršos nustatymas naudojant ADMS-Urban dispersijos modelį ir biotestavimo metodą

Gintarė Šidlauskaitė, Aida Stiklienė, Audrius Dėdėlė

Aleksandro Stulginskio Universitetas

Oro užterštumas yra viena svarbiausių aplinkosauginių problemų. Didėjant urbanizacijai, daugėja ir naudojamų automobilių kiekiai, o kartu didėja ir atmosferos užterštumas nuodingomis mobilių taršos šaltinių išmetamomis medžiagomis. Azoto dioksidas (NO_2) yra vienas iš svarbiausių oro taršos sudedamųjų dalių, atspindinčių oro kokybę. NO_2 gali sukelti sveikatos pakenkimus, nes pasižymi tiesioginiu toksiniu poveikiu kvėpėjimui. Šio tyrimo tikslas – atlikti oro taršos azoto dioksidu (NO_2) analizę, bei naudojant ADMS-Urban dispersijos modelį ir biotestavimo metodą, nustatyti ir įvertinti šio teršalo sklaidą Kėdainių mieste. Sumodeliavus vidutinę metinę azoto dioksido koncentracijos sklaidą Kėdainių mieste nustatyta, kad didžiausia tarša pasižymi centrinės miesto gatvės, kuriose nustatytos azoto dioksido koncentracijos siekė nuo 13 iki $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jose bendras pravažiuojančių automobilių kiekis buvo nuo 9744 iki 11 536 per parą. Atlikus biotestavimo metodą su indikatoriniu augalu sėjama pipirne, taip pat pastebima tendencija, kad didėjant teršalo koncentracijai ore, bendras augalo ilgis mažėjo.

Oro tarša, azoto dioksidas, ADMS-Urban modelis, biotestavimo metodas, poveikis sveikatai

Įvadas

Viena aktualiausių šiandienos aplinkosauginių problemų yra oro užterštumas, kuris daro neigiamą poveikį aplinkai ir žmogaus sveikatai (Schultz et al., 2017; Fugiel et al., 2017). Pagrindinis veiksnys, dėl kurio intensyviai didėja oro tarša yra mobilus transportas, pramonės ir energetikos įmonės. Kasmet daugėjant transporto priemonių skaičiui, atmosferos ore didėja antropogeninio elemento, lemiančio „šiltnamio efekto“ susidarymą – anglies dvideginio (CO_2), taip pat anglies monoksido (CO), azoto oksidų (NO_x), angliavandenilių, kietųjų dalelių, lakiųjų organinių junginių (LOJ). Ketvirtadalį šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį Europoje sudaro transporto priemonių išmetami oro teršalai (EEA, 2012).

Dauguma oro teršalų kaupiasi ir išlieka aplinkoje labai ilgai ir gali būti pernešti toli nuo kilmės šaltinių oro masių pagalba, tai paveikia klimato kaitą, miestų oro kokybę, troposferos ozono susidarymą, paviršinio vandens ir dirvožemio rūgštėjimą bei vandens telkinių eutrofizaciją (Levy et al., 2014).

Azoto dioksidas (NO_2) yra vienas iš reglamentuojamų teršalų Lietuvos oro kokybės apsaugos teisės aktuose dėl potencialaus kenksmingo poveikio žmonių sveikatai, kurio šaltinis yra transporto priemonių išmetamos dujos. Medicininiai tyrimai rodo, kad yra ryšys tarp oro taršos ir sukeliamų kvėpavimo takų ligų. Labai stipriai gali būti paveiktos jautrios oro taršai žmonių grupės – jauni arba senyvo amžiaus žmonės, sergantieji lėtinėmis kvėpavimo ir kraujotakos sistemos ligomis (Cacciottolo, 2013; Cox, 2017).

Kėdainių miestas yra išskirtinis oro taršos požiūriu dėl vystomos chemijos pramonės, naujai besikuriančių ir senų įmonių veiklos. Ypač oro kokybę sąlygoja netoli miesto įsikūrusi didelė chemijos gamyklos (AB „Lifosa“) veiklos sukeliamą lokalinę taršą, kurią papildo kitų pramonės įmonių veikla. Kėdainiuose vyrauja nepalankios teršalų sklaidai meteorologinės sąlygos dėl vyraujančių pietryčių, pietų vėjų, nes pietrytinėje dalyje, pramonės miestelyje, yra išsidėsčiusios stambios pramonės įmonės.

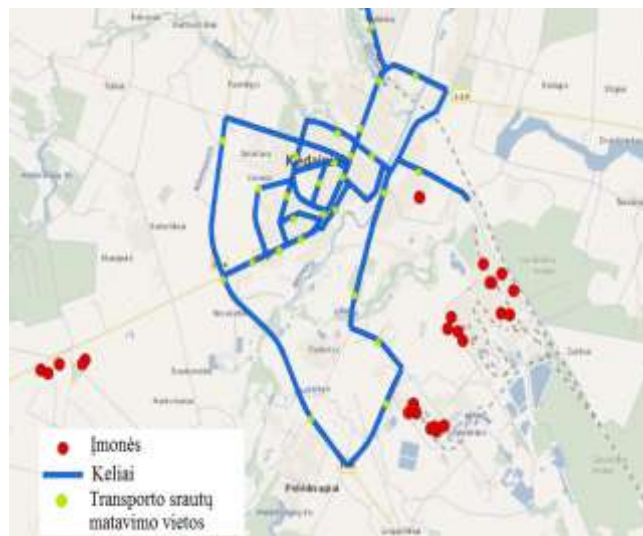
Geografinės informacinės sistemos (GIS) taikymas aplinkos taršos vertinimui yra vienas iš perspektyviausių problemos sprendimo būdų, nes jis sujungia tiriamos teritorijos geografinius duomenis su oro teršalų

koncentracijomis, gerai įvertina ekspoziciją ir padeda išsiaiškinti oro taršos sklaidą (Vienneau et al., 2009). Atiekant matematinį modeliavimą galima įvertinti transporto, pramonės bei energetikos objektų suminę oro taršą (CERC, 2014).

Biotestavimo metodas tai dar vienas būdas norint įvertinti aplinkos užterštumą, šiam metodui nereikalinga brangi įranga ir sudėtinga cheminė analizė. Šis metodas puikiai tinka kompleksinio miestų oro užterštumui vertinti bei vietų detaliems atmosferos tyrimams parinkimui (Kayee et al., 2015).

Tyrimų metodika

Nustatant oro taršą Kėdainių mieste buvo naudojamas ADMS-Urban dispersijos modelis ir ArcGis programinė įranga. Siekiant nustatyti taršą azoto dioksidu (NO_2) ir sukurti Kėdainių miesto oro taršos žemėlapių buvo reikalingi šie įvesties parametrai: linijiniai, taškiniai ir tinkliniai taršos šaltinių duomenys atspindintys modeliuojamą teritoriją (1 pav.)



1 pav. Į modelį įvesti pagrindiniai taršos šaltiniai Kėdainių mieste
Fig. 1. The main sources of air pollution in Kėdainiai

Modeliuojant linijinę oro taršą, buvo sudarytas gatvių tinklo žemėlapis įvedant gatvės pavadinimą, pravažiuojančių transporto priemonių skaičių, sudėtį, srautų kitimą, transporto judėjimo greitį, transporto juostų skaičių. Į modelį įtraukus taškinis šaltinius - labiausiai Kėdainių miestą teršiančias įmones, buvo sumodeliuota suminė oro tarša. Taškinis šaltinis į modelį įvesti duomenys: įmonės lokacijos vieta, kamino diametras ir aukštis, išmetamų teršalų kiekis, teršalų išmetimo greitis. Taip pat buvo įvesti meteorologiniai duomenys, atspindintys modeliuojamą teritoriją: temperatūra, vėjo kryptis ir greitis, santykinis oro drėgnumas, debesuotumas ir kt.

Kompleksinei oro taršai nustatyti buvo naudojamas biotestavimo metodas. Tyrimui buvo surinkti magelaniniai kiminai (*Sphagnum magellanicum* Brid.) iš santykinai neužterštos, švarios vietos. Surinktų kiminų paruošimas tyrimui: perrenkami atskiriant įvairias priemaišas, kitus augalus bei kitas samanas, atrinkti kiminai išdžiovinami ir dedami į tinklinius maišelius, kurie buvo pakabinti visame Kėdainių mieste ir eksponuojami nuo liepos 1 iki rugsėjo 15 dienos (2 pav.).



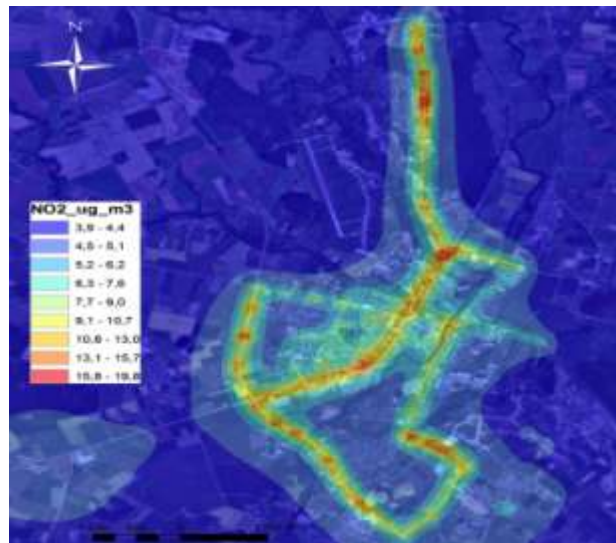
2 pav. Biosorbentų kabinimo vietos Kėdainių mieste
Fig. 2. Hanging space of biosorbent in Kėdainiai

Po ekspozicijos kiminai vėl išdžiovinami, sumalami ir tokiu būdu paruošiama terpė sėjamosios pipirnės (*Lepidium savitum* L.) sėklų daiginimui. Po penkių dienų atliekami sėjamosios pipirnės morfometriniai matavimai: nustatomi pumpurų ir daigų ilgiai, stiebų aukščiai bei bendras augalo ilgis. Gauti duomenys aprašyti MC Exel ir STATISTICA duomenų programomis.

Rezultatai ir jų aptarimas

3 paveiksle pateikta informacija iliustruoja, kad sumodeliavus vidutinę metinę azoto dioksido koncentracijos sklaidą Kėdainių mieste buvo išskirtos 9 azoto dioksido taršos zonos. Centrinė miesto dalis, pagrindinės miesto gatvės ir jų sankryžos, kuriose vyrauja intensyvūs transporto srautai, labiausiai pasižymi oro tarša. Didžiausia metinė azoto dioksido koncentracija buvo pagrindinėje J. Basanavičiaus g., Pramonės g., S. Dariaus

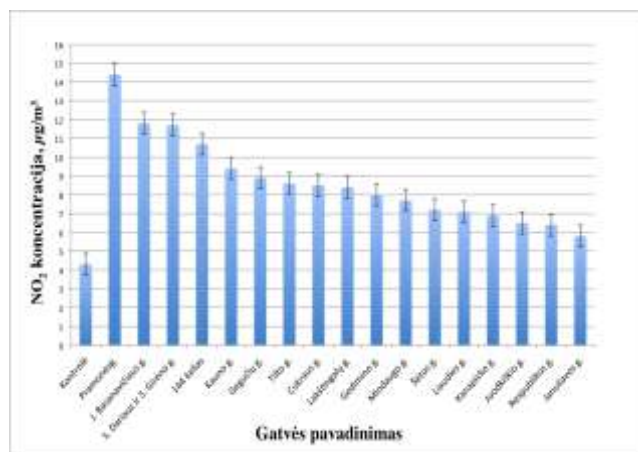
ir S. Girėno g., bei vakariniame miesto aplinkelyje (144 kelias), kuriose nustatytos didžiausios azoto dioksido koncentracijos siekė nuo 13 iki 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vidutinė metinė sumodeliuota NO_2 koncentracija Kėdainių mieste buvo 9,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



3 pav. Vidutinė metinė sumodeliuota azoto dioksido koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Kėdainių mieste

Fig. 3. The average annual modelled concentration of nitrogen dioxide ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Kėdainiai

4 paveiksle pateikta vidutinė metinė NO_2 koncentracija pagrindinėse Kėdainių miesto gatvėse. Tolstant nuo intensyvių eismo gatvių, pastebimas azoto dioksido koncentracijos mažėjimas. Gyvenamųjų namų teritorijose esančiose gatvėse nustatytos mažiausios koncentracijos – Kanapicko g. 6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Juodkiškio g. 6,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Respublikos g. 6,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Janušavos g. 5,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

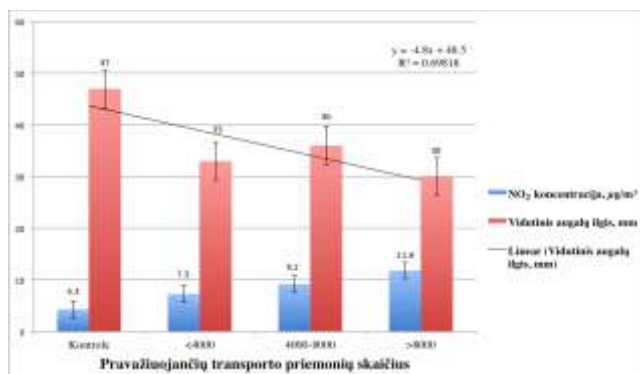


4 pav. Vidutinė metinė NO_2 koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pagrindinėse Kėdainių miesto gatvėse

Fig. 4. The annual average of nitrogen dioxide ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Kėdainiai city

5 paveiksle pateikta NO_2 koncentracija išskirtose trijose transporto srautų zonose. Lyginant su kontrole, mažiausia azoto dioksido koncentracija 7,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nustatyta tose gatvių zonose, kuriose bendras motorinio transporto srautų kiekis neviršijo 4000 per parą, dauguma šių gatvių yra

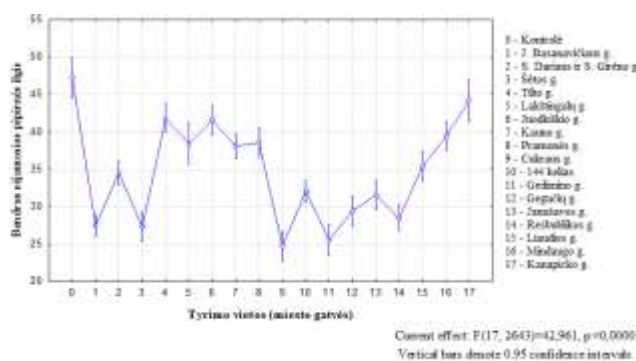
gyvenamųjų namų teritorijose, didžiausia nustatyta koncentracija – $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ buvo intensyviausiose J. Basanavičiaus ir S. Dariaus ir S. Girėno gatvėse, kuriose bendras pravažiuojančių automobilių kiekis buvo didesnis nei 8000. Atlikus biotestavimo metodą su indikatoriniu augalu sėjama pipirne, taip pat pastebima tendencija, kad didėjant teršalo koncentracijai ore, bendras augalo ilgis mažėjo. Tik toje zonoje, kurioje motorinio transporto skaičius siekė nuo 4000 iki 8000 bendras augalų ilgis nežymiai didesnis, tam įtakos galėjo turėti medžiais apsodintos gatvės, kurios buvo toliau nuo pagrindinių miesto gatvių.



5 pav. NO₂ koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ir bendras augalų ilgis trijose transporto srautų zonose

Fig. 5. NO₂ concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) and the total length of the plant in identified three different traffic zones

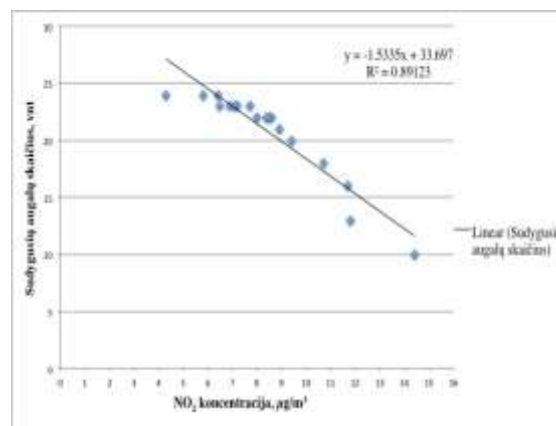
Mažiausias bendras sėjamosios pipirnės ilgis lyginant su kontrole nustatytas tose zonose, kuriose biosorbentai kabėjo atvirose vietose, neapsodintuose medžiais ir krūmais ir kur bendras pravažiuojančių motorinio transporto skaičius buvo didžiausias - pagrindinėje J. Basanavičiaus gatvėje (11 636 per parą), ilgesni daigai užaugo teritorijose, kuriose vyravo didesnė augalija ir mažesnis automobilių srautas. Visose miesto gatvėse užfiksuota oro tarša išskyrus vieną Kanapicko g., kuri yra tankiai apstatyta gyvenamųjų namų teritorijoje. Visose kitose gatvėse nustatytas statistiškai reikšmingas ryšys ($p < 0,005$), todėl galima daryti išvadą, kad didėjant NO₂ koncentracijai, mažėja indikatorinio augalo ilgis (6 pav.).



6 pav. Bendras indikatorinio augalo ilgis skirtingose Kėdainių miesto gatvėse

Fig. 6. The total length of the testing plant in different Kedainiai city streets

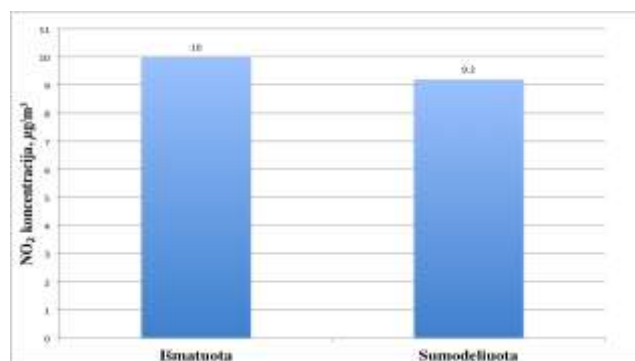
Kontroliniame variante, esant mažiausiai NO₂ koncentracijai, sėklų daigumas buvo apie 100 %, didėjant taršai ir esant NO₂ koncentracijai atmosferos ore nuo 10 iki $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, iš 25 sėklų vidutiniškai sudygo 14, mažėjant taršai didėjo ir sėklų daigumas. Determinacijos koeficientas įrodo ($R = 0,89123$), kad nustatytas stiprus teigiamas ryšys tarp sudygusių augalų skaičiaus ir NO₂ koncentracijos yra statistiškai reikšmingas (7 pav.).



7 pav. Ryšys tarp sudygusių augalų skaičiaus ir NO₂ koncentracijos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fig. 7. The relationship between the number of sprouted plants and NO₂ concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

8 paveiksle pateikti duomenys iš automatizuotos oro kokybės tyrimo stoties, esančios Rasos gatvėje. Joje nustatyta vidutinė NO₂ koncentracija - $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yra didesnė nei sumodeliuota ADMS-Urban modeliu - $9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



8 pav. Išmatuota NO₂ koncentracija automatizuotoje oro kokybės tyrimo stotyje ir sumodeliuota ADMS-Urban modeliu

Fig. 8. NO₂ concentration of the automated air quality testing station and modelled ADMS-Urban model ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Išvados

1. Vidutinė metinė sumodeliuota NO₂ koncentracija ADMS-Urban modeliu buvo $9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2. Didžiausia vidutinė metinė NO₂ koncentracija buvo sumodeliuota pramonės rajone esančioje Pramonės gatvėje ($14,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), kurioje buvo nustatytas didžiausias sunkaus pravažiuojančio transporto priemonių skaičius (2688 per parą), bei pagrindinėje J. Basanavičiaus gatvėje ($11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), kurioje bendras transporto priemonių skaičius siekė 11 636 per parą.

3. ADMS-Urban modelių sumodeliuota vidutinė metinė NO₂ koncentracijos vertė 8 % mažesnė nei išmatuota automatizuotoje oro kokybės tyrimo stotyje.

4. Atlikus statistinę analizę nustatytas statistškai reikšmingas ryšys ($p < 0,005$) tarp NO₂ koncentracijos ir indikatorinio augalo bendro ilgio, todėl biotestavimo metodas gali būti sėkmingai panaudotas miestų oro kompleksinio užterštumo vertinimui.

Literatūra

1. CERC. *ADMS-Urban User Guide. Version 3.4*. Cambridge, UK, 2014, 353 p. (http://www.cerc.co.uk/environmentalsoftware/assets/data/doc_userguides/CERC_ADMS_Urban_3.4_User_Guide.pdf).
2. CACCIOTTOLO, J. Lung health and outdoor air pollution – a review. *Journal of Pharmacy Practise*, vol. 76 (19), p. 1-7.
3. COX, L.A. Socioeconomic and air pollution correlates of adult asthma, heart attack, and stroke risks in the United States, 2010-2012. *Environmental Research*, vol. 155, p. 92-107.
4. EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. *The contribution of transport to air quality. Term 2012:transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe*, 2012, p. 92.
5. FUGIEL, A., BURCHART-KOROL, D., CZAPLICKA-KOLARZ, K., SMOLINSKI, A. Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 143 (1), p. 159-168.
6. KAYEE, P., SONGPHIM, W., PARKPEIN, A. Using Thai Native Moss as Bio-Adsorbent for Contaminated Heavy Metal in Air. *Social and Behavioral Sciences*, 2015, vol. 408 (2), p. 255-266.
7. LEVY, I., MIHELE, C., LU, G., NARAYAN, J., BROOK, J. Evaluating Multipollutant Exposure and Urban Air Quality: Pollutant Interrelationships, Neighborhood Variability, and Nitrogen Dioxide as a Proxy Pollutant. *Environmental Health Perspectives*, 2014, vol. 122, p. 65-72.
8. SCHULTZ, A.A., SCHAUER, J.J., MC MALECKI, K. Allergic disease associations with regional and localized estimates of air pollution. *Environmental Research*, 2017, vol. 155, p. 77-85.

Gintarė Šidlauskaitė, Aida Stiklienė, Audrius Dėdelė

The estimation of nitrogen dioxide using ADMS-Urban model and biotest method in Kėdainiai city

Summary

Air pollution is one of the most important problems of environment control. Growing urbanization causes increasing number of vehicles which leads to traffic congestion and vehicular pollution. Nitrogen dioxide (NO₂) is the main component of air pollution which shows the quality of air. NO₂ can lead to several health issues because it's toxic when inhaled. Purpose of research – to make analysis of air pollution with nitrogen dioxide, also by using AMS – Urban model of dispersion and method of biotesting. Identify and estimate NO₂ dispersion in Kėdainiai. After modelling of annual average concentrations of nitrogen dioxide dispersion in Kėdainiai found that the biggest pollution is in the city central. In the city central nitrogen dioxide concentrations ranged from 13 to 18 g/m³, the total number of passing cars was from 9744 to 11 536 a day. After using method of biotesting with indicated plant sower cress, we can see the tendency – when the concentration of pollutant is growing in the air, the length of a plant was decreasing.

Air pollution, nitrogen dioxide, ADMS-Urban model, method of biotesting, effect to healthy.

Gauta 2017 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2017 m. balandžio mėn.

Gintarė ŠIDLAUSKAITĖ. Aleksandro Stulginskio Universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361, Akademija, Kauno raj. Tel. (8-68) 90 09 19, el. paštas: gintare.sidlauskaite@stud.asu.lt

Gintarė ŠIDLAUSKAITĖ. Aleksandras Stulginskis university, Faculty of Forest Sciences and ecology sciences, Institute of Environment and Ecology master student. Studentų str. 11, LT-53361, Academy, Kaunas city. Mob. (+ 370 68) 90 09 19, e-mail: gintare.sidlauskaite@stud.asu.lt

Aida STIKLIENĖ. Aleksandro Stulginskio Universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto lektorė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361, Akademija, Kauno raj. Tel. (8-37) 75 23 69, el. paštas: aida.stikliene@asu.lt

Aida STIKLIENĖ. Aleksandras Stulginskis university, Faculty of Forest Sciences and ecology sciences, Institute of Environment and Ecology lector. Studentų str. 11, LT-53361, Academy, Kaunas city. Mob. (8-37) 75 23 69, e-mail: aida.stikliene@asu.lt

Audrius DĖDELĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros vedėjas. Adresas: Vileikos g. 8, LT-44404, Kaunas. Tel. (8-37) 32 79 02, e-mail: audrius.dedele@vdu.lt

Audrius DĖDELĖ. Vytautas Magnus University Faculty of Natural Sciences, Environmental head of department. Address: Vileikos g. 8, LT-44404, Kaunas. Tel. (+370 37) 32 79 02, e-mail: audrius.dedele@vdu.lt